

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-162425

(43) 公開日 平成8年(1996)6月21日

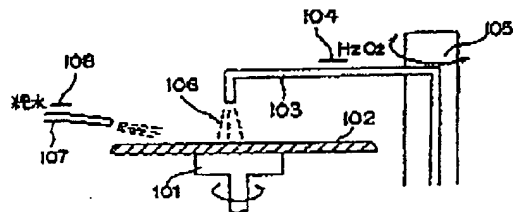
(51) IntCl ⁴	識別記号	序内整理番号	FI	技術表示箇所
H01L 21/28	B			
21/304	341 L			
	M			
			H01L 21/306	L
			21/88	C
審査請求 未請求 請求項の数21 OL (全19頁) 最終頁に続く				
(21) 出願番号	特願平8-302377	(71) 出願人	000008013	
(22) 出願日	平成8年(1994)12月6日		三菱電機株式会社	
			東京都千代田区丸の内二丁目2番3号	
		(72) 発明者	原田 繁	
			兵庫県伊丹市瑞原4丁目1番地 三菱電機株式会社北伊丹製作所内	
		(72) 発明者	山下 貴司	
			兵庫県伊丹市瑞原4丁目1番地 三菱電機株式会社北伊丹製作所内	
		(72) 発明者	藤木 謙吾	
			兵庫県伊丹市瑞原4丁目1番地 三菱電機株式会社北伊丹製作所内	
		(74) 代理人	弁理士 高田 守 (外4名)	
			最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 半導体集積回路装置の製造方法および製造装置

(57) 【要約】

【目的】 半導体集積回路装置の配線橋渡の形成工程において、配線要素にダメージを与えることなく、異物ないしは残渣を除去することができ、もって配線欠陥の発生を防止して半導体集積回路装置の品質レベルを高めることができる手段を提供することを目的とする。

【構成】 製造途中にある半導体集積回路装置102は、配線形成工程終了後あるいはブラッグ構造形成工程終了後において、チャック101によって回転させられながら、中性溶液供給機構103から供給される酸化剤を含む中性溶液、例えば過酸化水素水106等によって洗浄される。また、純水供給機構107から供給される純水108によってリンスされる。酸化剤を含む中性溶液のエッチング作用は露出面積の小さいものほど強いので、上記洗浄により配線要素にダメージを与えることなく異物ないしは残渣が除去され、上記目的が達成される。



(2)

特開平8-162425

【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体素子と該半導体素子を相互に接続する配線構造とが半導体基板上に配置された半導体集積回路装置の製造方法において、

上記配線構造を構成する各種配線要素が順次形成される一連の配線要素形成工程と、

上記一連の配線要素形成工程中において、製造途中にある半導体集積回路装置が、酸化剤を含む中性溶液を用いて洗浄される洗浄処理工程とを含むことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項2】 上記酸化剤として過酸化物が用いられることを特徴とする、請求項1に記載された半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項3】 上記過酸化物として過酸化水素が用いられることを特徴とする、請求項2に記載された半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項4】 上記過酸化物としてオゾンが用いられることを特徴とする、請求項2に記載された半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項5】 上記中性溶液の温度が20～40℃の範囲内に保持されることを特徴とする、請求項1～請求項4のいずれか1つに記載された半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項6】 上記一連の配線要素形成工程に、半導体基板または所定の配線要素と隣接する接続孔に導電膜が埋め込まれ、配線要素の1つであるプラグ構造が形成されるプラグ構造形成工程が含まれていて、

上記洗浄処理工程が、上記プラグ構造形成工程の次に実行されることを特徴とする、請求項1～請求項5のいずれか1つに記載された半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項7】 上記一連の配線要素形成工程に、配線要素の1つである配線パターンが形成される配線パターン形成工程が含まれていて、

上記洗浄処理工程が、上記配線パターン形成工程の次に実行されることを特徴とする、請求項1～請求項5のいずれか1つに記載された半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項8】 上記プラグ構造または上記配線パターンが、高融点金属、高融点金属シリサイドまたは高融点金属化合物で形成されていることを特徴とする、請求項6または請求項7に記載された半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項9】 上記洗浄処理工程で、上記中性溶液による化学的な洗浄に対して相乗的な洗浄作用を呈する物理的な洗浄が併用されることを特徴とする、請求項1～請求項8のいずれか1つに記載された半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項10】 上記物理的な洗浄に、ブラシによる洗浄、高圧ジェット洗浄、超音波洗浄、水の微粒子による洗浄または水の微粒子による洗浄のうちの少なくとも1

つが含まれることを特徴とする、請求項9に記載された半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項11】 半導体集積回路装置を保持しつつ回転する保持回転機構と、上記半導体集積回路装置上に酸化剤を含む中性溶液を供給する中性溶液供給機構とを備えていることを特徴とする半導体集積回路装置の製造装置。

【請求項12】 半導体集積回路装置を保持しつつ回転する保持回転機構と、上記半導体集積回路装置上に酸化剤を含む中性溶液を供給する中性溶液供給機構と、ブラシを半導体集積回路装置上に押し付けて回転させるブラシ回転機構とを備えていることを特徴とする半導体集積回路装置の製造装置。

【請求項13】 半導体集積回路装置を保持しつつ回転する保持回転機構と、上記半導体集積回路装置上に酸化剤を含む中性溶液を高圧にして吹き付ける中性溶液供給機構とを備えていることを特徴とする半導体集積回路装置の製造装置。

【請求項14】 半導体集積回路装置を保持しつつ回転する保持回転機構と、上記半導体集積回路装置上に酸化剤を含む中性溶液を供給する中性溶液供給機構と、上記中性溶液に超音波を印加する超音波印加機構とを備えていることを特徴とする半導体集積回路装置の製造装置。

【請求項15】 半導体集積回路装置を保持しつつ回転する保持回転機構と、上記半導体集積回路装置上に酸化剤を含む中性溶液を供給する中性溶液供給機構と、上記半導体集積回路装置上に水の微粒子または水の微粒子のうちの少なくとも一方を吹き付ける微粒子供給機構とを備えていることを特徴とする半導体集積回路装置の製造装置。

【請求項16】 上記中性溶液供給機構を上記半導体集積回路装置の表面に沿って走査させる走査機構を備えていることを特徴とする、請求項11～請求項15のいずれか1つに記載された半導体集積回路装置の製造装置。

【請求項17】 上記半導体集積回路装置上に純水を供給する純水供給機構を備えていることを特徴とする、請求項11～請求項16のいずれか1つに記載された半導体集積回路装置の製造装置。

【請求項18】 上記酸化剤として過酸化物が用いられるようになっていることを特徴とする、請求項11～請求項17のいずれか1つに記載された半導体集積回路装置の製造装置。

【請求項19】 上記過酸化物として過酸化水素が用いられるようになっていることを特徴とする、請求項18に記載された半導体集積回路装置の製造装置。

【請求項20】 上記過酸化物としてオゾンが用いられるようになっていることを特徴とする、請求項18に記載された半導体集積回路装置の製造装置。

【請求項21】 上記中性溶液の温度を20～40℃に保持する温度調節機構を備えていることを特徴とする、

(3)

特開平8-162426

請求項11～請求項20のいずれか1つに記載された半導体集積回路装置の製造装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、半導体集積回路装置の製造方法および製造装置に関するものである。より詳しくは、半導体集積回路装置に配線構造を形成する際の配線の欠陥の発生を低減して配線の品質レベルひいては半導体集積回路装置の品質レベルを向上させるとともに、配線材料の歩留まりを向上させて半導体集積回路装置の生産性を高めるようにしたものである。

【0002】

【従来の技術】

＜技術的背景＞半導体集積回路装置においては、通常、半導体基板上にトランジスタ等の半導体素子が形成され、さらにこれらの半導体素子相互間、あるいは半導体素子と外部回路との間を電気的に接続するための配線構造が半導体基板上に形成されている。

【0003】従来より、このような配線構造としては、多結晶シリコン膜、高融点金属膜、高融点金属シリサイド膜、高融点金属ポリサイド膜、アルミニウム膜、アルミニウム合金膜等からなる配線パターンを組み合わせたものが広く用いられている。このうち、タングステン配線(W配線)に代えられる高融点金属配線は、多結晶シリコン配線や高融点金属ポリサイド配線に比べて低抵抗であり、通常、化学気相成長法(以下、これをCVD法という)で堆積するこれらの高融点金属膜のステップ・カバレッジが良好であり、アルミ配線に比べエレクトロ・マイグレーション耐量などの信頼性に優れているなどといった理由により最近広く用いられてきている。

【0004】また、ある配線パターンと半導体基板ないしは下層の配線パターンとを接続する微細な接続部としては、該接続部の接触抵抗値を低減したり、あるいは該接続部の信頼性の向上を図るなどといった目的で、半導体基板ないしは下層の配線パターンにつながる接続孔を、上述のステップ・カバレッジ性に優れたCVD法による高融点金属膜で埋め込むことによって形成されるプラグ構造と上記配線パターンとの組み合わせでもって全体の配線構造が形成されているものが広く用いられている。他方、半導体集積回路装置の高集積化・高性能化を達成するためには配線密度を高めることが必須である。このため、配線ピッチは可能な限り小さくすることが要求される。かくして、実質的な配線密度を飛躍的に高める方法として、配線の多層構造化も用いられている。

【0005】なお、このような従来の半導体集積回路装置の配線構造は、例えば、1988年に発行された「VMIC会報(VMIC Conference)」の13～20頁に記載されたT. ドアンら(T. Doan et al.)による論文「同レベルに対して2μmのピッチを有する2重レベル

の金属化システム(A Double Level Metallization System Having 2μm Pitch for Both Level)」、あるいは1988年に発行された「VMIC会報(VMIC Conference)」の21～28頁に記載されたC. カンタら(C. Kaanta et al.)による論文「タングステンおよび平坦化を用いた極微細配線技術(SUBMICRON WIRING TECHNOLOGY WITH TUNGSTEN AND PLANARIZATION)」に開示されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

＜解決すべき問題点＞しかしながら、このような従来の配線構造の製造方法においては、その形成工程において発生する異物や残渣がしばしば配線欠陥を引き起こすことが多く、このため配線の品質レベルひいては半導体集積回路装置の品質レベルが低下したり、配線材料の歩留まりが低下するなどといった問題があった。なお、このような問題は、上述のように配線ピッチがさらに小さくなり、かつ多層配線構造を用いることが必須となる今後の半導体集積回路装置においては益々重要となってくるものと考えられる。

【0007】＜従来技術の問題点のさらに具体的な説明＞以下、添付の図面を参照しつつ、従来の半導体集積回路装置の製造技術およびその問題点についてさらに具体的に説明する。図16は、従来の半導体集積回路装置における配線構造の一例を示す縦断面構造図である。この図16には、第1層配線305(ゲート電極303)が高融点金属ポリサイド配線からなり、第2層配線4が高融点金属配線からなり、第3層配線7および第4層配線10がそれぞれアルミ配線からなる4層式の配線構造が示されている。

【0008】図16に示すように、この従来の半導体集積回路装置においては、シリコン基板1(シリコン半導体基板)の上に半導体素子2(トランジスタ2)が形成されている。ここで、半導体素子2のゲート電極303を構成するタングステンポリサイド層(Wポリサイド層、WSi₂/poly-Si)は第1層配線305の一部をなしている。この半導体素子2(トランジスタ2)の上には、SiO₂あるいはBPSG(Boro-Phosphorous Silicate Glass)等からなる下地絶縁膜3が堆積され、この下地絶縁膜3には、シリコン基板1上に形成された不純物拡散層304あるいは第1層の配線305と電気的接続を行うためのコンタクト・ホール306、307が形成(開孔)されている。

【0009】また、この下地絶縁膜3の上にはタングステンからなる第2層配線4(タングステン配線)が設けられている。タングステン膜(W膜)は、通常、CVD法で堆積されるが、ステップ・カバレッジに優れているため、図16から明らかなようにコンタクト・ホール306、307はタングステン膜で埋め込まれた構造となっている。また、この第2層配線4(タングステン配線)の

(4)

特開平8-162426

上には、平坦化された第1の層間絶縁膜5が形成されており、この第1の層間絶縁膜5には、第2層配線4と電気的接続を行うための複数の第1のビア・ホール313が形成(開孔)されている。なお、図16から明らかなように、この第1のビア・ホール313にはタングステン膜で埋め込まれてプラグ構造6が形成されている。

【0010】さらに、この上にアルミニウムからなる第3層配線7(アルミ配線)が形成されている。同様に、第3層配線7(アルミ配線)上に、第2の層間絶縁膜8と、第3層配線7と電気的接続を行うためのタングステンからなるプラグ構造9が形成された複数の第2のビア・ホール321と、アルミニウムからなる第4層配線10(アルミ配線)と、第4層配線10上を覆う保護絶縁膜11とが形成されている。

【0011】以下、図17～図28を参照しつつ、従来の半導体集積回路装置の配線構造の製造方法を各工程に従って説明する。まず、図17に示すように、シリコン基板1の表面に半導体素子2(トランジスタ2)を形成する。この半導体素子2(トランジスタ2)は、素子分離用酸化膜301と、ゲート酸化膜302と、多結晶シリコン303aとタングステン・シリサイド(WSi₂)303bとからなるタングステン・ポリサイド構造(Wポリサイド構造)のゲート電極303と、不純物拡散層304とで構成されている。

【0012】また、ゲート電極303を構成するタングステンポリサイド層(WSi₂/poly-Si)は、素子分離酸化膜301上にも形成され、第1層配線305(305a、305b)として用いられる。そして、これらの半導体素子2(トランジスタ2)ないしは第1層配線305の上に、シリコン酸化膜(SiO₂)、ボロン(B)ないしはリン(P)を含むドーパド・シリコン酸化膜であるBPSG(Boro-Phosphorous Silicate Glass)膜等からなる下地絶縁膜3を堆積させる。

【0013】次に、図18に示すように、シリコン基板1上に形成された不純物拡散層304ないしは第1層配線305との電気的接続部を形成するために、写真製版技術とドライエッチング技術とを用いて、下地絶縁膜3の所定の部分にコンタクト・ホール306、307を形成(開孔)する。次に、図19に示すように、下地絶縁膜3上の全面にバリアメタル膜308を堆積させる。このバリアメタル膜308は、通常スパッタ法で堆積されるが、該バリアメタル膜308には次のような性質が要求される。

- (a)シリコン基板1(不純物拡散層304)に対して、安定でかつ低抵抗のコンタクトをとることができる。
- (b)下敷膜として、上層に堆積するタングステン膜309の密着性を高めることができる(タングステン膜はシリコン酸化膜との密着性が弱い)。
- (c)CVD法によるタングステン膜309の堆積時に用いられるWF₆などのガスによりシリコン基板(不純物拡

散層)がダメージを受けるのを防止することができる。なお、候補としては、チタン(Ti)と窒化チタン(TiN)の積層膜、チタン・タングステン(TiW)膜などがよく用いられる。

【0014】バリアメタル膜308の堆積後、シリコン基板1(不純物拡散層304)ないしは第1層配線305に対して、安定でかつ低抵抗のコンタクトをとるために、600～800℃で、数10秒～数分程度の短時間・熱処理を行う。この後、CVD法により、例えば、WF₆、H₂などのガスを用いて、膜堆積温度400～500℃の条件で、バリアメタル膜308上の全面にタングステン膜309を堆積させる。このとき、タングステン膜309はCVD法で形成されるためステップ・カバレッジ性に優れており、このため図19から明らかなようにコンタクト・ホール部306、307はタングステン膜309で埋め込まれた構造となっている。次に、図20に示すように、下地絶縁膜3上に堆積されたバリアメタル膜308とタングステン膜309とを、通常、写真製版技術とドライエッチング技術を用いてパターンニングし、第2層配線4(タングステン配線)を形成する。

【0015】次に、図21に示すように、第2層配線4(タングステン配線)の上に第1の層間絶縁膜5を形成する。この第1の層間絶縁膜5は、例えば、CVD法により堆積されるシリコン酸化膜310と、無機窒素絶縁膜311とが組み合わされてなる絶縁膜である。シリコン酸化膜310は、通常、シランガス(SiH₄)と酸素ガス(O₂)あるいは重酸化窒素ガス(N₂O)との混合ガスを用いて、300～450℃の膜堆積温度で熱あるいはプラズマを利用したCVD法により堆積させる。また、ステップ・カバレッジが良好であるTEOS(Tetra-Ethyl-Ortho-Silicate)等の有機シラン系の材料を利用して堆積したシリコン酸化膜も用いられる。

【0016】ここで、平坦化のために形成される無機窒素絶縁膜311としては、シラノール(Si(OH)₄)を主成分とするものが一般的である。このシラノールを主成分とする材料を回転塗布した後、400～450℃の温度でベーク処理を施してシリコン酸化膜化することによりCVD法で形成されたシリコン酸化膜310の表面を平坦化する。そして、無機窒素絶縁膜311の上に、シリコン酸化膜310の堆積と同様の方法によりシリコン酸化膜312を堆積させる。

【0017】次に、図22に示すように、第2層配線4(タングステン配線)との電気的接続部を形成するために、写真製版技術とドライエッチング技術とを用いて、第1の層間絶縁膜5の所定の部分に、複数の第1のビア・ホール313を形成(開孔)する。

【0018】さらに、図23に示すように、第2層配線4(タングステン配線)に対して、安定でかつ低抵抗のコンタクトを得るために、アルゴン・イオン(Ar⁺)による

(5)

特開平8-162426

スパッタ・エッチング処理により第1のビア・ホール313の底部のクリーニングを行った後、第1の層間絶縁膜5上の全面に、第1のタングステンプラグ構造6の下敷膜314を堆積させる。

【0019】この第1のタングステンプラグ構造6の下敷膜314は、通常、スパッタ法で堆積させるが、該タングステンプラグ構造6には次のような性質等が要求される。

(a) 下層の配線(この場合は第2層のタングステン配線)に対して、安定でかつ低抵抗のコンタクトをとることができる。

(b) 下敷膜として、上層に堆積するタングステン膜315の密着性を高めることができる(タングステン膜はシリコン酸化膜との密着性が弱い)。

なお、膜種としてはバリア金属膜308と同様に、チタン(Ti)と窒化チタン(TiN)の積層膜、チタン・タングステン(TiW)膜などがよく用いられる。この後、CVD法により、第2層配線4(タングステン配線)と同様の条件下で下敷膜314上の全面にタングステン膜315が堆積される。

【0020】次に、図24に示すように、例えばSF₆等のガスを用いたドライエッチングによりタングステン膜315をエッチバックして、第1のビア・ホール313のまわりにのみタングステン膜を残したタングステンプラグ構造6を形成する。このとき、タングステン膜に比べて窒化チタン膜(TiN)のエッチング速度がはるかに小さい(1/20~1/50程度)条件が用いられるので、下敷膜314はタングステン・エッチバック時のストッパー膜として機能する。

【0021】次に、図25に示すように、製造途中の半導体集積回路装置上の全面にアルミ合金膜316と反射防止膜317とをスパッタ法により堆積させる。なお、アルミ合金膜316としては、通常、Al-Si-CuあるいはAl-Cuのように、アルミ配線の信頼性を高めるためにCuなどの不純物元素を添加したものが用いられる。他方、反射防止膜317は、第3層配線7(アルミ配線)の写真製版マージンを高めるためのもので、通常、i線やg線など写真製版する波長領域の反射率が低い窒化チタン膜が用いられる。

【0022】そして、図26に示すように、タングステンプラグ6の下敷膜314、アルミ合金膜316および反射防止膜317を、通常、写真製版技術とドライエッチング技術とを用いてパターンニングし、第3層配線7(アルミ配線)を形成する。以下、同様に、CVD法により堆積されるシリコン酸化膜318と、無機塗布絶縁膜319と、CVD法により堆積されるシリコン酸化膜320とからなる第2の層間絶縁膜8を形成する。

【0023】次に、第3層配線7(アルミ配線)に対する電気的接続部を形成するために、写真製版技術とドライエッチング技術とを用いて、第2の層間絶縁膜8の所定

の部分に複数の第2のビア・ホール321を形成(開孔)する。そして、図27に示すように、第2のタングステンプラグ構造9の下敷膜であるチタン(Ti)と窒化チタン(TiN)の積層膜322とを堆積させ、その上にタングステン膜を堆積させた後、該タングステン膜を全面エッチバックすることにより第2のタングステンプラグ構造9を形成する。さらに、その上に、Al-Si-CuあるいはAl-Cuなどのアルミ合金膜323と反射防止膜としての窒化チタン膜324を堆積した後、写真製版技術あるいはドライエッチング技術を用いてパターンニングし、第4のアルミ配線10を形成することにより、図27に示すような配線構造を得る。

【0024】最後に、図28に示すように、第4のアルミ配線10上に、シリコン窒化膜、シリコン酸化膜、シリコン酸窒化膜、あるいはこれらを組合わせた構造の保護絶縁膜11を形成する。

【0025】しかしながら、上述のような従来の半導体集積回路装置における配線構造の製造方法の場合、その形成工程において異物や残渣が発生し、そのまま残った場合には、配線欠陥となってしまう。例えば、図16に示すような4層式の配線構造の第2層配線(タングステン配線)を形成する工程において、図29に示すように膜形成工程でバリア金属膜308の上に異物401が付着しその上にタングステン膜309を堆積させた場合を想定する。

【0026】この後、図30に示すように、写真製版技術によりフォトリソ・パターン402を形成し、ドライエッチング技術によりパターンニングする際に、異物401のまわりにはタングステンの残渣404やその下に残存するバリア金属膜の残渣405が残留する。他方、ドライエッチング時に第2層配線4(タングステン配線)やレジスト402の側壁には、タングステンを含むポリマー403が付着する。

【0027】そして、図31に示すように、フォトリソ・パターン402(図30参照)を除去する際に完全に除去しきれなかったポリマー406が残留したり、異物401のまわりのタングステンやバリア金属膜の残渣404、405が配線間に残留する。これらは、しばしば配線間のショートを引き起こしたり、あるいは上層に形成される配線の欠陥の原因となるという問題があった。

【0028】また、別の例として、図16に示すような4層式の配線構造のプラグ構造6を形成する工程において、図32に示すように下敷膜314の上に異物407が付着しその上にタングステン膜315を堆積させた場合を想定する。この場合は、図33に示すように、全面にわたってタングステン膜315(図32参照)をエッチバックしたときに、異物407のまわりにタングステン膜408が残留する。また、エッチバック・プロセスに起因する単なるタングステンのエッチバック残渣409が残ることもある。この上にアルミ合金膜315と反射

(6)

特開平8-162425

防止膜316とを堆積させた後、写真製版技術やドライエッチング技術により第3層配線7(アルミ配線)を形成するわけであるが、図34に示すように上記の異物407やエッチバック残渣409のまわりで配線ショートが発生するという問題があった。

【0029】このため、このような異物や残渣を除去するための方法が種々検討されてきたが、例えば1993年11月に発行された月刊誌「半導体世界(Semiconductor World)」の26～28頁に掲載された大西らによる論文「 $H_2SO_4/H_2O_2/HF$ 溶液による多目的洗浄方法」に示されているような、シリコン基板の洗浄等に用いるための、強酸や強アルカリの薬液を用いた洗浄能力が高い従来の洗浄方法では、強酸や強アルカリの薬液により配線自体が過激にエッチングされダメージを受けるので、上述のような配線構造形成工程における洗浄方法としては使用することができないといった問題があった。

【0030】従って、配線構造形成工程の洗浄方法としては、従来より、薬液を用いずに純水のみを用いる物理的な洗浄方法が一般的に用いられてきた。このような従来より用いられてきた洗浄方法については、例えば、1993年8月に発行された月刊誌「半導体世界(Semiconductor World)」の138～142頁に掲載された平井による論文「The EQUIPMENT. 洗浄装置」に開示されている。上記論文にも開示されているように、純水を用いた従来の物理的洗浄方法としては、次のような手法がある。

(a) ブラシ洗浄：円筒型あるいはディスク型のブラシを洗浄面に押し付けながら、ブラシとウェハの両方を回転させて洗浄する方法

(b) 高圧ジェット洗浄：静電気の発生を防止するために微量の CO_2 を添加した純水を高圧でウェハに噴射して洗浄する方法

(c) 超音波洗浄：1MHz程度の超音波を純水ノズル部に印加し、純水に振動力を与えて、これをウェハに吹き付けることにより洗浄する方法

(d) 純水リンス：純水を単にウェハに吹き付けることにより洗浄する方法

なお、これらの洗浄は、通常、ウェハを1枚ずつ送ってスピン処理する「スピン・スクラバー」と呼ばれる装置を用いて行われる。

【0031】しかしながら、これらの従来の物理的洗浄方法は、薬液による従来の洗浄方法に比べて洗浄能力が乏しい。このため、ただ単に表面に載っているだけの異物や残渣であれば洗浄できるものの、膜中に一部埋め込まれている異物または強力に付着している異物もしくは残渣に対しては十分な洗浄効果が得られない。これは、高い洗浄効果を得るためには下地を微量エッチングすることが必要であるが、純水を用いた物理的洗浄方法ではこれが原理的に不可能だからである。

【0032】以上のように、例えば、図16に示すよう

な半導体集積回路装置における配線構造の製造方法で、配線構造形成工程で発生する異物や残渣による配線欠陥を防止するには、配線構造自体に過激エッチングないしはダメージを与えることなく、異物や残渣を洗浄(除去)することができる新たな洗浄方法が必要である。

【0033】しかしながら、酸やアルカリ溶液を用いた洗浄方法の場合、タングステン等の高融点金属からなる配線パターン部やプラグ構造部は通常不純物拡散層に電気的に接続されているため、この部分のPN接合の接合電位に起因する電池作用や、タングステン層とバリアメタル膜など異種金属間の接触電位差に起因する電池作用などが起こるため配線自体の過激なエッチングないしはダメージが避けられない。

【0034】本発明は、上記従来の問題点を解決するためになされたものであって、半導体集積回路装置の配線構造形成工程において、配線構造に過激なエッチングないしはダメージを生じさせることなく、異物ないしは残渣を有効に除去することができる手段を提供することを目的とする。

【0035】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達するため、本発明ではまず、高融点金属、高融点金属シリサイド、高融点金属化合物膜等からなる配線構造を対象とした洗浄(除去)において、洗浄(除去)に用いる溶液には酸化剤を含む $PH6\sim8$ の中性溶液、例えば該酸化剤の水溶液が用いられる。好ましくは酸化剤として過酸化水素やオゾンなどの過酸化剤を用いた中性水溶液が用いられる。これらの中性溶液は、中性であるため上述の電池作用の影響を顕著には受けないという特徴がある。

【0036】また、このような酸化剤を含む中性溶液は、従来は $20\sim40^\circ C$ 程度の比較的低温の領域ないしは常温の領域では、高融点金属等をほとんどエッチングしないものと考えられていたが、本発明者が詳細に調べた結果、平面視における幅ないしは径が数mm以上の大面積の配線パターンにおけるエッチング速度は確かに小さいものの、上記幅ないしは径がハーフミクロン・オーダーである微小な面積の異物に起因する残渣に対するエッチング速度はかなり大きい(大面積パターンの100倍以上)ことが判明した。

【0037】つまり、エッチング速度は被エッチング材の大きさに顕著に依存し、比較的大面積の配線パターンではほとんどエッチングされない(ダメージが少ない)のに対し、微小面積の異物や残渣に対するエッチング速度は大きい。例えば、常温の過酸化水素水に対するタングステン膜のエッチング速度の面積依存性を図1に示す。したがって、このようなエッチング特性をうまく活用することによりタングステンなどの高融点金属からなる配線パターンやプラグ構造自体にほとんどダメージを与えずに微小な異物や残渣のみを選択的に除去することが可能となるわけである。

(7)

特開平8-162425

【0038】さらに、本願発明者は、上記のような酸化剤を含む中性溶液による化学的洗浄作用に加えて、ブラシ、高圧ジェット、超音波、水や水微粒子による物理的洗浄作用を組み合わせれば、両者の相互作用ないしは相乗的作用によりさらに異物や残渣に対する洗浄（除去）効果を高めることができることを見出した。

【0039】かくして、具体的には、第1の発明は、半導体素子と該半導体素子を相互に接続する配線構造とが半導体基板上に配置された半導体集積回路装置の製造方法が、上記配線構造を構成する各種配線要素が順次形成される一連の配線要素形成工程と、上記一連の配線要素形成工程において、製造途中にある半導体集積回路装置が、酸化剤を含む中性溶液を用いて洗浄される洗浄処理工程とを含むことを特徴とする。

【0040】第2の発明は、第1の発明にかかる半導体集積回路装置の製造方法において、上記酸化剤として過酸化物が用いられることを特徴とする。

【0041】第3の発明は、第2の発明にかかる半導体集積回路装置の製造方法において、上記過酸化物として過酸化水素が用いられることを特徴とする。

【0042】第4の発明は、第2の発明にかかる半導体集積回路装置の製造方法において、上記過酸化物としてオゾンが用いられることを特徴とする。

【0043】第5の発明は、第1～第4の発明のいずれか1つにかかる半導体集積回路装置の製造方法において、上記中性溶液の温度が20～40℃の範囲内に保持されることを特徴とする。

【0044】第6の発明は、第1～第5の発明のいずれか1つにかかる半導体集積回路装置の製造方法において、上記一連の配線要素形成工程に、半導体基板または所定の配線要素と接続する接続孔に導電膜が埋め込まれて、配線要素の1つであるプラグ構造が形成されるプラグ構造形成工程が含まれていて、上記洗浄処理工程が、上記プラグ構造形成工程の次に実行されることを特徴とする。

【0045】第7の発明は、第1～第5の発明のいずれか1つにかかる半導体集積回路装置の製造方法において、上記一連の配線要素形成工程に、配線要素の1つである配線パターンが形成される配線パターン形成工程が含まれていて、上記洗浄処理工程が、上記配線パターン形成工程の次に実行されることを特徴とする。

【0046】第8の発明は、第6または第7の発明にかかる半導体集積回路装置の製造方法において、上記プラグ構造または上記配線パターンが、高融点金属、高融点金属シリサイドまたは高融点金属化合物で形成されていることを特徴とする。

【0047】第9の発明は、第1～第8の発明のいずれか1つにかかる半導体集積回路装置の製造方法において、上記洗浄処理工程で、上記中性溶液による化学的な洗浄に対して相乗的な洗浄作用を呈する物理的洗浄が併

用されることを特徴とする。

【0048】第10の発明は、第9の発明にかかる半導体集積回路装置の製造方法において、上記物理的洗浄に、ブラシによる洗浄、高圧ジェット洗浄、超音波洗浄、水の微粒子による洗浄または氷の微粒子による洗浄のうちの少なくとも1つが含まれることを特徴とする。

【0049】第11の発明は、半導体集積回路装置の製造装置が、半導体集積回路装置を保持しつつ回転する保持回転機構と、上記半導体集積回路装置上に酸化剤を含む中性溶液を供給する中性溶液供給機構とを備えていることを特徴とする。

【0050】第12の発明は、半導体集積回路装置の製造装置が、半導体集積回路装置を保持しつつ回転する保持回転機構と、上記半導体集積回路装置上に酸化剤を含む中性溶液を供給する中性溶液供給機構と、ブラシを半導体集積回路装置上に押し付けて回転させるブラシ回転機構とを備えていることを特徴とする。

【0051】第13の発明は、半導体集積回路装置の製造装置が、半導体集積回路装置を保持しつつ回転する保持回転機構と、上記半導体集積回路装置上に酸化剤を含む中性溶液を高圧にして吹き付ける中性溶液供給機構とを備えていることを特徴とする。

【0052】第14の発明は、半導体集積回路装置の製造装置が、半導体集積回路装置を保持しつつ回転する保持回転機構と、上記半導体集積回路装置上に酸化剤を含む中性溶液を供給する中性溶液供給機構と、上記中性溶液に超音波を印加する超音波印加機構とを備えていることを特徴とする。

【0053】第15の発明は、半導体集積回路装置の製造装置が、半導体集積回路装置を保持しつつ回転する保持回転機構と、上記半導体集積回路装置上に酸化剤を含む中性溶液を供給する中性溶液供給機構と、上記半導体集積回路装置上に水の微粒子または氷の微粒子のうちの少なくとも一方を吹き付ける微粒子供給機構とを備えていることを特徴とする。

【0054】第16の発明は、第11～第15の発明のいずれか1つにかかる半導体集積回路装置の製造装置が、上記中性溶液供給機構を上記半導体集積回路装置の表面に沿って走査させる走査機構を備えていることを特徴とする。

【0055】第17の発明は、第11～第16の発明のいずれか1つにかかる半導体集積回路装置の製造装置が、上記半導体集積回路装置上に純水を供給する純水供給機構を備えていることを特徴とする。

【0056】第18の発明は、第11～第17の発明のいずれか1つにかかる半導体集積回路装置の製造装置において、上記酸化剤として過酸化物が用いられるようになっていることを特徴とする。

【0057】第19の発明は、第18の発明にかかる半導体集積回路装置の製造装置において、上記過酸化物と

(8)

特開平8-162425

して過酸化水素が用いられるようになっていことを特徴とする。

【0058】第20の発明は、第18の発明にかかる半導体集積回路装置の製造装置において、上記過酸化水素としてオゾンが用いられるようになっていことを特徴とする。

【0059】第21の発明は、第11～第20の発明のいずれか1つにかかる半導体集積回路装置の製造装置が、上記中性溶液の温度を20～40℃に保持する温度調節機構を備えていことを特徴とする。

【0060】

【作用】第1の発明によれば、各種配線要素が順次形成される一連の配線要素形成工程において、製造途上にある半導体集積回路装置が、酸化剤を含む中性溶液を用いて洗浄される。かかる洗浄においては、中性溶液に対する露出面積が比較的大きい配線要素に対するエッチング速度が小さくなる一方、上記露出面積が比較的小さい異物ないしは残渣に対するエッチング速度が大きくなるといった現象（以下、便宜上、この現象を「露出面積依存現象」という）が生じる。このため、配線要素形成工程中の洗浄においては、配線パターン、プラグ構造等の配線要素はほとんどエッチングされないが、異物ないしは残渣は激しくエッチングされて除去される。

【0061】第2の発明によれば、第1の発明と同様の作用が生じる。さらに、酸化剤として過酸化水素が用いられるが、過酸化水素については露出面積依存現象がとくに顕著となるので、配線要素の過度なエッチングないしはダメージを招くことなく、異物ないしは残渣の除去が促進される。

【0062】第3の発明によれば、第2の発明と同様の作用が生じる。さらに、過酸化水素として過酸化水素が用いられるが、過酸化水素については露出面積依存現象がさらに顕著となるので、配線要素の過度なエッチングないしはダメージを招くことなく、異物ないしは残渣の除去が一層促進される。

【0063】第4の発明によれば、第2の発明と同様の作用が生じる。さらに、過酸化水素としてオゾンが用いられるが、オゾンについては露出面積依存現象がとくに顕著となるので、配線要素の過度なエッチングないしはダメージを招くことなく、異物ないしは残渣の除去が一層促進される。

【0064】第5の発明によれば、第1～第4の発明のいずれか1つと同様の作用が生じる。さらに、中性溶液の温度が20～40℃の範囲内に保持されるが、中性溶液が高温の場合はそのエッチング作用が強まる。したがって、中性溶液が上記温度範囲内にあるときには、配線パターンの過度なエッチングが確実に防止される。

【0065】第6の発明によれば、第1～第5の発明のいずれか1つと同様の作用が生じる。さらに、洗浄処理工程がプラグ構造形成工程の次に実行されるので、プ

ラグ構造形成工程において製造途上の半導体集積回路装置に付着した異物ないしは残渣が除去される。

【0066】第7の発明によれば、第1～第5の発明のいずれか1つと同様の作用が生じる。さらに、洗浄処理工程が配線パターン形成工程の次に実行されるので、配線パターン形成工程において製造途上の半導体集積回路装置に付着した異物ないしは残渣が除去される。

【0067】第8の発明によれば、第6または第7の発明と同様の作用が生じる。さらに、プラグ構造または配線パターンが、高融点金属、高融点金属シリサイドまたは高融点金属化合物で形成されているが、これらの材料については露出面積依存現象がとくに顕著となるので、プラグ構造または配線パターンの過度なエッチングないしはダメージを招くことなく、異物ないしは残渣の除去が一層促進される。

【0068】第9の発明によれば、第1～第8の発明のいずれか1つと同様の作用が生じる。さらに、中性溶液による化学的な洗浄に対して相乗的な洗浄作用を奏する物理的洗浄が併用されるので、異物ないしは残渣の除去がなお一層促進される。

【0069】第10の発明によれば、第9の発明と同様の作用が生じる。さらに、物理的洗浄作用の強い、ブラシによる洗浄、高圧ジェット洗浄、超音波洗浄、水の微粒子による洗浄または氷の微粒子による洗浄のうちの少なくとも1つが併用されるので、異物ないしは残渣の除去がさらに促進される。

【0070】第11の発明によれば、保持回転機構によって回転させられている半導体集積回路装置に酸化剤を含む中性溶液が供給され、半導体集積回路装置が上記中性溶液で洗浄される。かかる洗浄においては、中性溶液に対する露出面積が比較的大きい配線構造に対するエッチング速度が小さくなる一方、上記露出面積が比較的小さい異物ないしは残渣に対するエッチング速度が大きくなるといった露出面積依存現象が生じるので、プラグ構造、配線パターン等の配線要素パターンはほとんどエッチングされないが、異物ないしは残渣はエッチングされて除去される。

【0071】第12の発明によれば、保持回転機構によって回転させられている半導体集積回路装置に酸化剤を含む中性溶液が供給され、半導体集積回路装置が上記中性溶液で洗浄されるとともにブラシで物理的に洗浄される。かかる洗浄においては、露出面積依存現象が生じるので、プラグ構造、配線パターン等の配線要素はほとんどエッチングされないが、異物ないしは残渣はエッチングされて除去される。さらに、ブラシによる物理的洗浄によって異物ないしは残渣の除去が促進される。

【0072】第13の発明によれば、保持回転機構によって回転させられている半導体集積回路装置に酸化剤を含む中性溶液が高圧で吹き付けられ、半導体集積回路装置が上記中性溶液で洗浄される。かかる洗浄において

(9)

特開平8-162425

は、露出面積依存現象が生じるので、プラグ構造、配線パターン等の配線要素はほとんどエッチングされないが、異物ないしは残渣はエッチングされて除去される。

【0073】第14の発明によれば、保持回転機構によって回転させられている半導体集積回路装置に、酸化剤を含む中性溶液が超音波を印加された状態で供給され、半導体集積回路装置が上記中性溶液で洗浄される。かかる洗浄においては、露出面積依存現象が生じるので、プラグ構造、配線パターン等の配線要素はほとんどエッチングされないが、異物ないしは残渣はエッチングされて除去される。さらに、超音波によって中性溶液に振動力が与えられるので異物ないしは残渣の除去が促進される。

【0074】第15の発明によれば、保持回転機構によって回転させられている半導体集積回路装置に酸化剤を含む中性溶液が供給され、半導体集積回路装置が上空中性溶液で洗浄されるとともに水ないしは水の微粒子の吹き付けによって物理的に洗浄される。かかる洗浄においては、露出面積依存現象が生じるので、プラグ構造、配線パターン等の配線要素はほとんどエッチングされないが、異物ないしは残渣はエッチングされて除去される。さらに、水ないしは水の微粒子の吹き付けによる物理的洗浄によって異物ないしは残渣の除去が促進される。

【0075】第16の発明によれば、第11～第15の発明のいずれか1つと同様の作用が生じる。さらに、中性溶液供給機構が半導体集積回路装置表面に沿って走査させられるので、中性溶液が半導体集積回路装置表面にまんべんなく供給され、洗浄作用が高められる。

【0076】第17の発明によれば、第11～第16の発明のいずれか1つと同様の作用が生じる。さらに、半導体集積回路装置上に純水が供給されるので、中性溶液がリンスされるとともに、半導体集積回路装置表面に滞留している異物ないしは残渣が洗い流される。

【0077】第18の発明によれば、第11～第17の発明のいずれか1つと同様の作用が生じる。さらに、酸化剤として過酸化水素が用いられるが、過酸化水素については露出面積依存現象がとくに顕著となるので、配線要素の過度なエッチングないしはダメージを招くことなく、異物ないしは残渣の除去が促進される。

【0078】第19の発明によれば、第18の発明と同様の作用が生じる。さらに、過酸化水素として過酸化水素が用いられるが、過酸化水素については露出面積依存現象がとくに顕著となるので、配線要素の過度なエッチングないしはダメージを招くことなく、異物ないしは残渣の除去が一層促進される。

【0079】第20の発明によれば、第18の発明と同様の作用が生じる。さらに、過酸化水素としてオゾンが用いられるが、オゾンについては露出面積依存現象がとくに顕著となるので、配線要素の過度なエッチングないしはダメージを招くことなく、異物ないしは残渣の除去が

一層促進される。

【0080】第21の発明によれば、第11～第20の発明のいずれか1つと同様の作用が生じる。さらに、中性溶液の温度が20～40℃の範囲内に保持されるが、中性溶液が高温の場合はそのエッチング作用が強まる。したがって、中性溶液が上記温度範囲内にあるときには、配線パターンの過度なエッチングが確実に防止される。

【0081】

【実施例】以下、本発明の実施例を具体的に説明する。上述のような本発明にかかる酸化剤を含む中性溶液による化学的な洗浄(除去)方法、あるいはこれにブラシなどを利用した物理的洗浄を組合わせた洗浄方法を用いた、高融点金属、高融点金属シリサイド、高融点金属化合物膜からなる配線パターンあるいはプラグ構造を含む半導体集積回路装置の洗浄方法の実施例を以下で具体的に説明する。まず、配線パターン形成工程への適用・実施例について述べる。

【0082】<第1実施例>例えば、図16に示すような4層式の配線構造の第2層配線4(タングステン配線)を形成する工程において、図2に示すように、膜形成工程においてバリア金属膜308の上に異物401が付着し、その上にタングステン膜309を堆積させた場合を想定する。この場合、図3に示すように、写真製版技術によりフォトリソスト・パターン402を形成し、ドライエッチング技術によりパターニングするときに、異物401のまわりにはタングステンの残渣404やその下に残存するバリア金属膜の残渣406が残る。他方、ドライエッチング時にタングステン配線4やレジスト402の側壁には、タングステンを含むポリマー403が付着する。

【0083】そしてこの後、図4に示すように、フォトリソストを除去したときに、完全に除去しきれなかったポリマー406が残存したり、異物401のまわりにタングステンやバリア金属膜の残渣404、405が配線間に残る。ここで、例えば過酸化水素水(30wt%)を用いて図6に示すような製造装置(洗浄装置)で、製造途中にある半導体集積回路装置102(以下、これを単に半導体集積回路装置102という)の表面全体を洗浄する。なお、過酸化水素水の濃度としては、z制御性の点から5～40%程度が望ましい。

【0084】図6に示すように、かかる洗浄処理工程においては、半導体集積回路装置102は真空吸着機構(図示せず)を有するチャック101(保持回転機構)により保持される。そして、この半導体集積回路装置102上に酸化剤を含む中性溶液104(この場合は30wt%の過酸化水素水)を供給するためのノズルを有する中性溶液供給機構103と、これを半導体集積回路装置102の表面に沿って走査させる走査機構105とが設けられ、回転している半導体集積回路装置102の表面は、

(10)

特開平8-162425

ノズルから吹き出す過酸化水素水106で洗浄される。なお、過酸化水素水による洗浄が終わった後は、純水供給機構107から純水108を半導体集積回路装置102表面に供給して該表面をリンスした後、半導体集積回路装置102を高速回転させてスピン乾燥させる。

【0085】このとき、過酸化水素水に対するタングステンなどの高融点金属膜の食効エッチング速度は図1に示すように、被エッチング材のサイズに顕著に依存する。このため、図5に示すように、第2層配線4(配線パターンの1つ)に過激なエッチングないしはダメージを生じさせることなく、異物401自体あるいは該異物401に起因して生じる残渣404、405およびポリマーの残渣406(図4参照)を選択的に除去することができる。なお、図示していないが、過酸化水素水104、106を20~40℃の温度範囲に保持する温度調節機構が設けられ、これによって配線要素の過剰なエッチングが確実に防止されるようになっている。

【0086】<第2実施例>前記の第1実施例では、異物401あるいはこれに起因して生じる残渣404、406およびポリマー残渣406を除去する方法として、図6に示すような酸化剤を含む中性溶液を半導体集積回路装置102上に吹き付ける方法を用いたが、例えば図7に示すように、ブラシを用いた物理的洗浄と組合わせても良い。この場合、図7に示すように、半導体集積回路装置102は真空吸着機構を有するチャック101により保持される。この半導体集積回路装置102上に酸化剤を含む中性溶液112(この場合は30wt%の過酸化水素水)を供給するためのノズルを有する中性溶液供給機構111と、半導体集積回路装置102の表面を物理的に洗浄するための回転機構を有するブラシ113と、このブラシ113を走査するための走査機構114とが設けられ、回転している半導体集積回路装置102の表面にはノズルから過酸化水素水117が供給され、該表面は回転および走査するブラシ部113によって洗浄される。ブラシの材質としては、ナイロン、あるいは中性溶液に対する耐性が考慮されたモヘアなどが使用可能である。なお、過酸化水素水による洗浄が終わった後は、純水116を供給する純水供給機構115より純水118を半導体集積回路装置102の表面に供給してリンスした後、半導体集積回路装置102を高速回転させてスピン乾燥させる。

【0087】<第3実施例>第2実施例と同様に酸化剤を含む中性溶液による化学的洗浄作用と物理的洗浄作用とを組合せた実施例として、例えば図8に示すような高圧ジェットを用いた物理的洗浄と組合せたものも好ましい。この場合、図8に示すように、半導体集積回路装置102は真空吸着機構を有するチャック101により保持される。この半導体集積回路装置102上に酸化剤を含む中性溶液122(この場合は30wt%の過酸化水素水)を高圧に加圧するための加圧機構123と、該

中性溶液132を半導体集積回路装置102上に供給するためのノズルを有する中性溶液供給機構121と、該中性溶液供給機構121を半導体集積回路装置102の表面に沿って走査させるための走査機構124とが設けられ、半導体集積回路装置102の表面は回転しながら、ノズルから吹き出る高圧の過酸化水素水のジェット125で洗浄される。なお、過酸化水素水による洗浄が終わった後は、純水127を供給する純水供給機構126より純水128を半導体集積回路装置102表面に供給してリンスした後、半導体集積回路装置102を高速回転させてスピン乾燥させる。

【0088】<第4実施例>また、第2実施例と同様に酸化剤を含む中性溶液による化学的洗浄作用と物理的洗浄作用を組合せた他の実施例として、例えば図9に示すような超音波を用いた物理的洗浄と組合せたものも好ましい。この場合、図9に示すように、半導体集積回路装置102は真空吸着機構を有するチャック101により保持される。この半導体集積回路装置102上に酸化剤を含む中性溶液132(この場合は30wt%の過酸化水素水)を供給するための中性溶液供給機構131と、ノズル部で上記中性溶液132に1MHz程度の超音波を印加する超音波印加機構133と、該超音波印加機構133を伴った中性溶液供給機構131を半導体集積回路装置102の表面に沿って走査させる走査機構134とが設けられ、半導体集積回路装置102の表面は回転しながら、ノズルから吹き出る超音波を印加された過酸化水素水135で洗浄される。なお、過酸化水素水135による洗浄が終わった後は、純水137を供給する純水供給機構136より純水138を半導体集積回路装置102表面に供給してリンスした後、半導体集積回路装置102を高速回転させてスピン乾燥させる。

【0089】<第5実施例>さらに、第2実施例と同様に酸化剤を含む中性溶液による化学的洗浄作用と物理的洗浄作用を組合せた他の実施例として、例えば図10に示すような水または水の微粒子を用いた物理的洗浄と組合せたものも好ましい。図10に示すように、半導体集積回路装置102は真空吸着機構を有するチャック101により保持される。この半導体集積回路装置102上に酸化剤を含む中性溶液142(この場合は30wt%の過酸化水素水)を供給するための中性溶液供給機構141と、純水144から水あるいは水の微粒子を生成する微粒子生成機構145と、生成された水あるいは水の微粒子を半導体集積回路装置102上に供給する微粒子供給機構143と、該微粒子供給機構143を半導体集積回路装置102の表面に沿って走査させる走査機構146とが設けられる。半導体集積回路装置102の表面は回転しながら、ノズルから供給される過酸化水素水148によって化学的に洗浄され、さらに他のノズルから吹き出る水あるいは水の微粒子147によって物理的に洗浄される。なお、過酸化水素水による洗浄が終わっ

(11)

特開平8-162425

た後は、純水150を供給する純水供給機構149より純水151を半導体集積回路装置102表面に流してリンスした後、半導体集積回路装置102を高速回転させてスピンドル乾燥させる。

【0090】<第6実施例>前記の第1～第5実施例はいずれも、酸化剤を含む中性溶液として5～40wt%程度の過酸化水素水を用いたものであったが、他の中性溶液としてオゾン水を用いても同様の効果がある。なお、オゾン濃度としては、過酸化水素水の場合と同様に制御性の点から1～10mg/L程度の濃度が望ましい。このような例を図11に示す。この場合、図11に示すように、半導体集積回路装置102は真空吸着機構を有するチャック101により保持される。酸素ガス164からオゾン水を生成して純水163と混合させることによりオゾン水162を生成するオゾン水生成機構165と、半導体集積回路装置102上にオゾン水162(例えば5mg/L程度の濃度のオゾン水)を供給するためのオゾン水供給機構161と、該オゾン水供給機構161を半導体集積回路装置102の表面に沿って走査させる走査機構170とが設けられる。半導体集積回路装置102の表面は回転しながら、ノズルから吹き出るオゾン水166により洗浄される。

【0091】なお、オゾン水による洗浄が終わった後は、純水168を供給する純水供給機構167より純水169を半導体集積回路装置102表面に流してリンスした後、半導体集積回路装置102を高速回転させてスピンドル乾燥させる。さらに、オゾン水を用いた洗浄においても、ブラシ、高圧ジェット、超音波、水ないしは水の微粒子あるいはこれらを組合わせた物理的洗浄を併用することにより、過酸化水素水を用いた場合と同様に洗浄効果を高めることができるのはもちろんである。

【0092】<第7実施例>以下、本発明にかかる洗浄手法をプラグ構造形成工程へ適用した場合の実施例を説明する。例えば、図16に示すような4層式の配線構造の第1のビア・ホール313にタングステンプラグ構造6を形成する工程において、例えば図12に示すように下敷膜314の上に異物407が付着し、その上にタングステン膜315を堆積させた場合を想定する。この場合、図13に示すように、全面のタングステン膜をエッチバックしたときに異物407のまわりにはタングステン膜408も残る。また、エッチバック・プロセスに起因する単なるタングステンの残渣409が残ることもある。

【0093】この後、例えば、第3実施例のように酸化剤を含む中性溶液として過酸化水素水を用い、かつブラシによる物理的洗浄も組合わせた洗浄処理を行う。こうすれば、第1実施例の場合と同じ理由により、図14に示すように、タングステンプラグ部6に過剰なエッチングないしはダメージを生じさせることなく異物407や残渣408、409(図13参照)を選択的に除去するこ

とができる。したがって、この上にアルミ合金膜316と反射防止膜316とを堆積させた後、写真製版技術やドライエッチング技術により第3層配線7(アルミ配線)を形成しても、図15に示すように配線のショートは発生しない。なお、上記の洗浄方法の代わりに、第2実施例、第4実施例、第5実施例、第6実施例に示されているような洗浄方法を用いても同様の効果が得られる。

【0094】<第8実施例>上述の実施例では、主にタングステンをを用いた配線パターンやプラグ構造の形成工程における異物や残渣を洗浄(除去)する手法について説明したが、これらはMo(モリブデン)、Ti(チタン)、Ta(タンタル)などの他の高融点金属やこれらのシリサイド膜、およびこれらの窒化物や酸化物等の化合物膜で構成されている配線やプラグ構造・形成工程に用いても同様の効果を奏する。

【0095】

【発明の効果】本発明によれば、高融点金属、高融点金属シリサイド、高融点化合物膜を用いた配線パターンやプラグ構造を形成する工程において、異物や残渣が発生しても、配線パターンやプラグ構造に過激なエッチングないしはダメージを生じさせることなくこれらの異物や残渣を選択的に、かつ、効率的に洗浄(除去)することができる。したがって、配線の欠陥を低減することができる。配線ひいては半導体集積回路装置の品質レベルを向上させることができるとともに、配線材料の歩留まりも向上でき生産性を高めることができる。

【0096】具体的には、第1の発明によれば、半導体集積回路装置の配線要素形成工程中の洗浄においては、中性溶液に対する露出面積が比較的大きい配線構造に対するエッチング速度が小さくなる一方、上露出面積が比較的小さい異物ないしは残渣に対するエッチング速度が大きくなるといった露出面積依存現象が生じ、プラグ構造、配線パターン等の配線要素はほとんどエッチングされないが、異物ないしは残渣はエッチングされて除去されるので、半導体集積回路装置の配線欠陥の発生が低減されて該半導体集積回路装置の品質レベルが高められるとともに、半導体材料の歩留まりが高められて生産性が高められる。

【0097】第2の発明によれば、第1の発明と同様の効果が得られる。さらに、酸化剤として過酸化水素が用いられるが、過酸化水素については露出面積依存現象がとくに顕著となるので、配線要素の過度なエッチングないしはダメージを招くことなく、異物ないしは残渣の除去が促進され、品質レベル向上効果と生産性向上効果とが一層高められる。

【0098】第3の発明によれば、第2の発明と同様の効果が得られる。さらに、過酸化水素として過酸化水素が用いられるが、過酸化水素については露出面積依存現象がさらに顕著となるので、配線要素の過度なエッチングないしはダメージを招くことなく、異物ないしは残渣の

(12)

特開平8-162425

除去が一層促進され、品質レベル向上効果と生産性向上効果とがなお一層高められる。

【0099】第4の発明によれば、第2の発明と同様の効果が得られる。さらに、過酸化水素としてオゾンが用いられるが、オゾンについては露出面積依存現象がとくに顕著となるので、配線要素の過度なエッチングないしはダメージを招くことなく、異物ないしは残渣の除去が一層促進され、品質レベル向上効果と生産性向上効果とがなお一層高められる。

【0100】第5の発明によれば、第1～第4の発明のいずれか1つと同様の効果が得られる。さらに、中性溶液の温度が20～40℃の範囲内に保持され、配線要素の過度なエッチングが確実に防止されるので、生産性向上効果がさらに高められる。

【0101】第6の発明によれば、第1～第5の発明のいずれか1つと同様の効果が得られる。さらに、洗浄処理工程がプラグ構造形成工程の次に実行されるので、プラグ構造形成工程において製造途上の半導体集積回路装置に付着した異物ないしは残渣が除去され、品質レベル向上効果と生産性向上効果とがより一層高められる。

【0102】第7の発明によれば、第1～第5の発明のいずれか1つと同様の効果が得られる。さらに、洗浄処理工程が配線パターン形成工程の次に実行されるので、配線パターン形成工程において製造途上の半導体集積回路装置に付着した異物ないしは残渣が除去され、品質レベル向上効果と生産性向上効果とはより一層高められる。

【0103】第8の発明によれば、第6または第7の発明と同様の効果が得られる。さらに、プラグ構造または配線パターンが、高融点金属、高融点金属シリサイドまたは高融点金属化合物で形成されているが、これらの材料については露出面積依存現象がとくに顕著となるので、配線パターンの過度なエッチングないしはダメージを招くことなく、異物ないしは残渣の除去が一層促進され、品質レベル向上効果と生産性向上効果とがさらに高められる。

【0104】第9の発明によれば、第1～第8の発明のいずれか1つと同様の効果が得られる。さらに、中性溶液による化学的な洗浄に対して相乗的な洗浄作用を呈する物理的洗浄が併用されるので、異物ないしは残渣の除去がなお一層促進され、品質レベル向上効果と生産性向上効果とがさらに高められる。

【0105】第10の発明によれば、第9の発明と同様の効果が得られる。さらに、物理的洗浄作用の強い、ブラシによる洗浄、高圧ジェット洗浄、超音波洗浄、水の微粒子による洗浄または氷の微粒子による洗浄のうちの少なくとも1つが併用されるので、異物ないしは残渣の除去がさらに促進され、品質レベル向上効果と生産性向上効果とがなお一層高められる。

【0106】第11の発明によれば、半導体集積回路装

置の洗浄処理工程において、中性溶液に対する露出面積が比較的大きい配線構造に対するエッチング速度が小さくなる一方、上記露出面積が比較的小さい異物ないしは残渣に対するエッチング速度が大きくなるといった露出面積依存現象が生じ、プラグ構造、配線パターン等の配線要素はほとんどエッチングされず、他方異物ないしは残渣はエッチングされて除去されるので、半導体集積回路装置の配線欠陥の発生が低減されて該半導体集積回路装置の品質レベルが高められるとともに、半導体材料の歩留まりが良くなり生産性が高められる。

【0107】第12の発明によれば、半導体集積回路装置の洗浄処理工程において、半導体集積回路装置が中性溶液で洗浄されるとともにブラシで物理的に洗浄され、露出面積依存現象とブラシによる洗浄作用とにより、プラグ構造、配線パターン等の配線要素はほとんどエッチングされず、他方異物ないしは残渣はエッチングされて除去されるので、半導体集積回路装置の配線欠陥の発生が低減されて該半導体集積回路装置の品質レベルが高められるとともに、半導体材料の歩留まりが良くなり生産性が高められる。

【0108】第13の発明によれば、半導体集積回路装置の洗浄処理工程において、露出面積依存現象が生じ、プラグ構造、配線パターン等の配線要素はほとんどエッチングされず、他方異物ないしは残渣はエッチングされて除去されるので、半導体集積回路装置の配線欠陥の発生が低減されて該半導体集積回路装置の品質レベルが高められるとともに、半導体材料の歩留まりが良くなり生産性が高められる。

【0109】第14の発明によれば、半導体集積回路装置の洗浄処理工程において、半導体集積回路装置が超音波によって振動を与えられた中性溶液で洗浄され、露出面積依存現象が生じ、プラグ構造、配線パターン等の配線要素はほとんどエッチングされず、他方異物ないしは残渣はエッチングされて除去されるので、半導体集積回路装置の配線欠陥の発生が低減されて該半導体集積回路装置の品質レベルが高められるとともに、半導体材料の歩留まりが良くなり生産性が高められる。

【0110】第15の発明によれば、半導体集積回路装置の洗浄処理工程において、半導体集積回路装置が中性溶液で洗浄されるとともに水ないしは氷の微粒子の吹き付けによって物理的に洗浄され、露出面積依存現象により、プラグ構造、配線パターン等の配線要素はほとんどエッチングされず、他方異物ないしは残渣はエッチングされて除去されるので、半導体集積回路装置の配線欠陥の発生が低減されて該半導体集積回路装置の品質レベルが高められるとともに、半導体材料の歩留まりが良くなり生産性が高められる。

【0111】第16の発明によれば、第11～第15の発明のいずれか1つと同様の効果が得られる。さらに、中性溶液供給機構が半導体集積回路装置表面に沿って定

(13)

特開平8-162425

査させられるので、中性溶液が半導体集積回路装置表面にまんべんなく供給され、洗浄効果が高められ、品質レベル向上効果と生産性向上効果が一層高められる。

【0112】第17の発明によれば、第11～第16の発明のいずれか1つと同様の効果が得られる。半導体集積回路装置上に純水が供給されるので、中性溶液がリンスされるとともに半導体集積回路表面に単に滞留している異物ないしは残渣が洗い流され、品質レベル向上効果と生産性向上効果が一層高められる。

【0113】第18の発明によれば、第11～第17の発明のいずれか1つと同様の効果が得られる。さらに、酸化剤として過酸化物が用いられるが、過酸化物については露出面積依存現象がとくに顕著となるので、配線要素の過度なエッチングないしはダメージを招くことなく、異物ないしは残渣の除去が促進され、品質レベル向上効果と生産性向上効果が一層高められる。

【0114】第19の発明によれば、第18の発明と同様の効果が得られる。さらに、過酸化物として過酸化水素が用いられるが、過酸化水素については露出面積依存現象がさらに顕著となるので、配線要素の過度なエッチングないしはダメージを招くことなく、異物ないしは残渣の除去が一層促進され、品質レベル向上効果と生産性向上効果がなお一層高められる。

【0115】第20の発明によれば、第18の発明と同様の効果が得られる。さらに、過酸化物としてオゾンが用いられるが、オゾンについては露出面積依存現象がとくに顕著となるので、配線要素の過度なエッチングないしはダメージを招くことなく、異物ないしは残渣の除去が一層促進され、品質レベル向上効果と生産性向上効果がなお一層高められる。

【0116】第21の発明によれば、第11～第20の発明のいずれか1つと同様の効果が得られる。さらに、中性溶液の温度が20～40℃の範囲内に保持され、配線要素の過度なエッチングが確実に防止されるので、配線材料の歩留まりが良くなり、生産性向上効果がさらに高められる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明にかかる酸化剤を含む中性溶液を用いて製造途上にある半導体集積回路装置の洗浄を行う場合における、実行エッチング速度と被エッチング材のサイズとの関係を示す図である。

【図2】 半導体集積回路装置の第2層配線の形成工程において、フォトレジスタ・パターンが形成された後の状態における半導体集積回路装置の縦断面説明図である。

【図3】 半導体集積回路装置の第2層配線の形成工程において、ドライエッチングによるパターニングが施された後の状態における半導体集積回路装置の縦断面説明図である。

【図4】 半導体集積回路装置の第2層配線の形成工程

において、フォトレジスタ・パターンが除去された後の状態における半導体集積回路装置の縦断面説明図である。

【図5】 半導体集積回路装置の第2層配線の形成工程終了後において、本発明にかかる酸化剤を含む中性溶液を用いた洗浄処理が行われた後の状態における半導体集積回路装置の縦断面説明図である。

【図6】 本発明の第1実施例にかかる半導体集積回路装置の製造装置の模式図である。

【図7】 本発明の第2実施例にかかる半導体集積回路装置の製造装置の模式図である。

【図8】 本発明の第3実施例にかかる半導体集積回路装置の製造装置の模式図である。

【図9】 本発明の第4実施例にかかる半導体集積回路装置の製造装置の模式図である。

【図10】 本発明の第5実施例にかかる半導体集積回路装置の製造装置の模式図である。

【図11】 本発明の第6実施例にかかる半導体集積回路装置の製造装置の模式図である。

【図12】 半導体集積回路装置のプラグ構造の形成工程において、タングステン膜が形成された後の状態における半導体集積回路装置の縦断面説明図である。

【図13】 半導体集積回路装置のプラグ構造の形成工程において、タングステン膜がエッチバックされた後の状態における半導体集積回路装置の縦断面説明図である。

【図14】 半導体集積回路装置のプラグ構造の形成工程の終了後において、本発明にかかる酸化剤を含む中性溶液を用いた洗浄処理が行われた後の状態における半導体集積回路装置の縦断面説明図である。

【図15】 半導体集積回路装置の第3層配線の形成工程において、第3層配線が形成された状態における半導体集積回路装置の縦断面説明図である。

【図16】 4層式の配線構造を備えた従来の半導体集積回路装置の縦断面説明図である。

【図17】 従来の半導体集積回路装置の第2層配線の形成工程において、下地絶縁膜が形成された後の状態における半導体集積回路装置の縦断面説明図である。

【図18】 従来の半導体集積回路装置の第2層配線の形成工程において、コンタクト・ホールが形成された後の状態における半導体集積回路装置の縦断面説明図である。

【図19】 従来の半導体集積回路装置の第2層配線の形成工程において、タングステン膜が形成された後の状態における半導体集積回路装置の縦断面説明図である。

【図20】 従来の半導体集積回路装置の第2層配線の形成工程が終了した状態における半導体集積回路装置の縦断面説明図である。

【図21】 従来の半導体集積回路装置のプラグ構造の形成工程において、第1の層間絶縁膜が形成された後の

(14)

特開平8-162425

状態における半導体集積回路装置の縦断面説明図である。

【図22】 従来の半導体集積回路装置のプラグ構造の形成工程において、第1のビア・ホールが形成された後の状態における半導体集積回路装置の縦断面説明図である。

【図23】 従来の半導体集積回路装置のプラグ構造の形成工程において、タングステン膜が堆積された後の状態における半導体集積回路装置の縦断面説明図である。

【図24】 従来の半導体集積回路装置のプラグ構造の形成工程において、タングステン膜がエッチバックされた状態における半導体集積回路装置の縦断面説明図である。

【図25】 従来の半導体集積回路装置の第3層配線の形成工程において、アルミ合金膜および反射防止膜が形成された後の状態における半導体集積回路装置の縦断面説明図である。

【図26】 従来の半導体集積回路装置の第3層配線の形成工程が終了した状態における半導体集積回路装置の縦断面説明図である。

【図27】 従来の半導体集積回路装置の第4配線の形成工程が終了した状態における半導体集積回路装置の縦断面説明図である。

【図28】 完成後における従来の半導体集積回路装置の縦断面説明図である。

【図29】 従来の半導体集積回路装置の第2層配線の形成工程において、フォトレジスタ・パターンが形成された後の状態における半導体集積回路装置の縦断面説明図である。

【図30】 従来の半導体集積回路装置の第2層配線の形成工程において、ドライエッチングによるパターニングが施された後の状態における半導体集積回路装置の縦断面説明図である。

【図31】 従来の半導体集積回路装置の第2層配線の形成工程において、フォトレジスタ・パターンが除去された後の状態における半導体集積回路装置の縦断面説明図である。

【図32】 従来の半導体集積回路装置のプラグ構造の形成工程において、タングステン膜が形成された後の状態における半導体集積回路装置の縦断面説明図である。

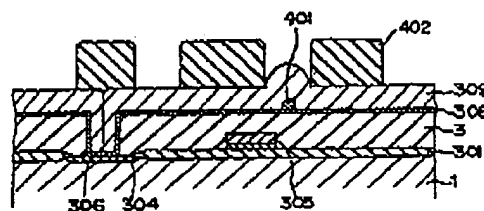
【図33】 従来の半導体集積回路装置のプラグ構造の形成工程において、タングステン膜がエッチバックされた後の状態における半導体集積回路装置の縦断面説明図である。

【図34】 従来の半導体集積回路装置の第3層配線の形成工程において、第3層配線が形成された後の状態における半導体集積回路装置の縦断面説明図である。

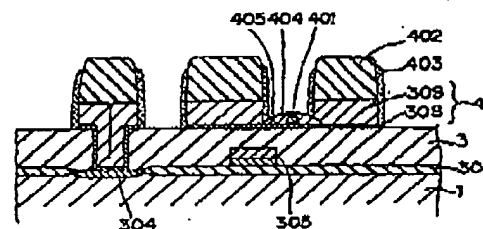
【符号の説明】

1 シリコン基板、2 半導体素子、4 第2層配線、6 プラグ構造、7 第3層配線、9 プラグ構造、10 第4層配線、101 チェック、102 半導体集積回路装置、103 中性溶液供給機構、104 過酸化水素水、105 走査機構、106 過酸化水素水、107 純水供給機構、108 純水、113 ブラシ、114 走査機構、111 中性溶液供給機構、112 過酸化水素水、115 純水供給機構、116 純水、117 過酸化水素水、118 純水、121 中性溶液供給機構、122 過酸化水素水、123 加圧機構、124 走査機構、125 過酸化水素水、126 純水供給機構、127 純水、128 純水、131 中性溶液供給機構、132 過酸化水素水、133 超音波印加機構、134 走査機構、135 過酸化水素水、136 純水供給機構、137 純水、138 純水、141 中性溶液供給機構、142 過酸化水素水、143 微粒子供給機構、144 純水、146 走査機構、147 微粒子、148 過酸化水素水、149 純水供給機構、150 純水、151 純水、161 オゾン水供給機構、162 オゾン水、165 オゾン水生成機構、166 オゾン水、167 純水供給機構、168 純水、169 純水、170 走査機構、303 ゲート電極、305 第1層配線、306 コンタクトホール、307 コンタクトホール、313 第1のビアホール、321 第2のビアホール。

【図2】



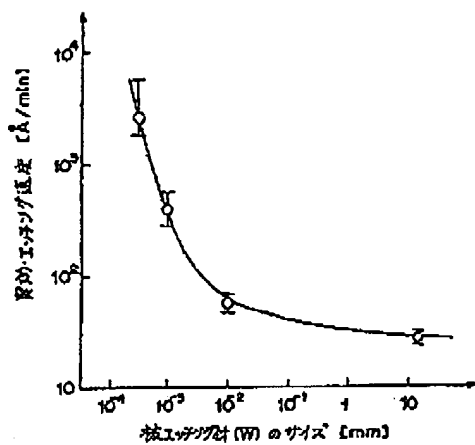
【図3】



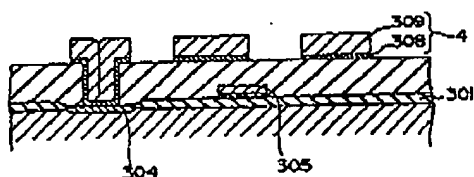
(15)

特開平8-162426

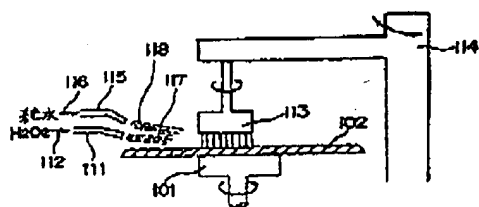
【図1】



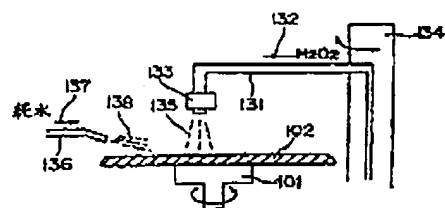
【図6】



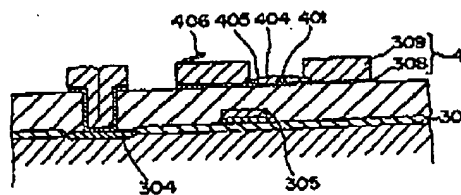
【図7】



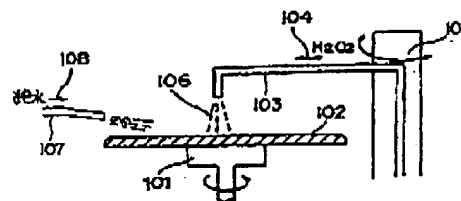
【図9】



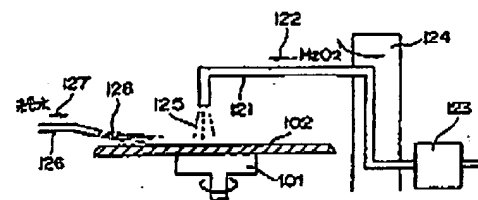
【図4】



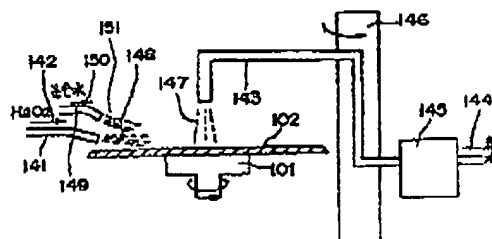
【図6】



【図8】



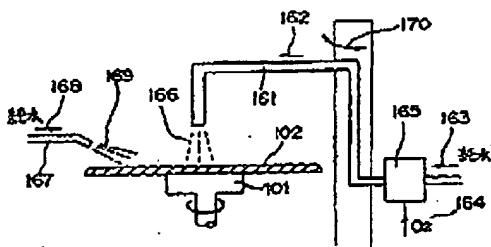
【図10】



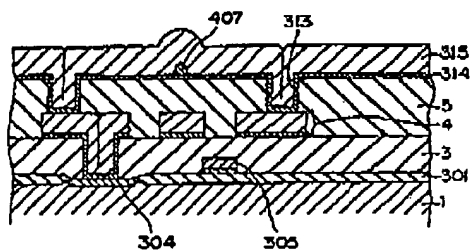
(16)

特開平8-162425

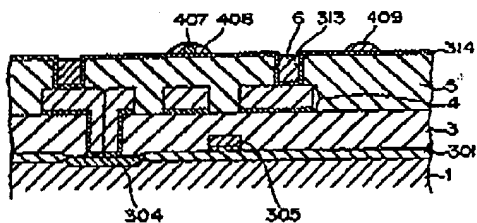
【図11】



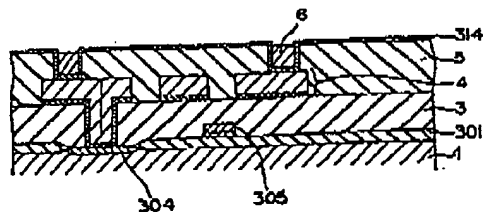
【図12】



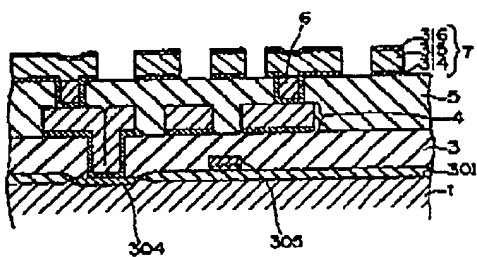
【図13】



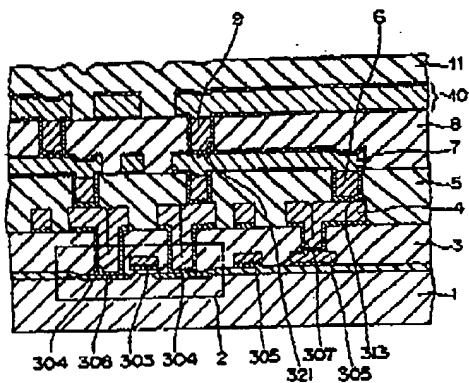
【図14】



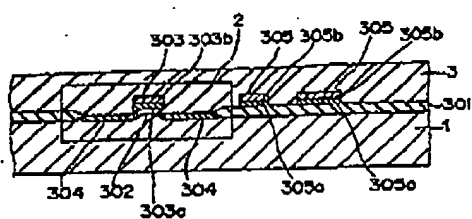
【図15】



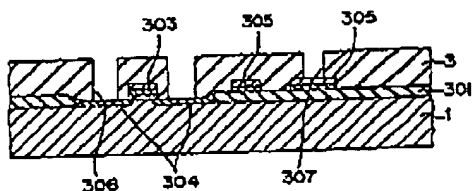
【図16】



【図17】



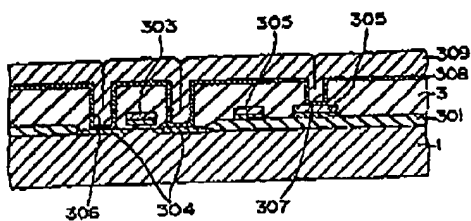
【図18】



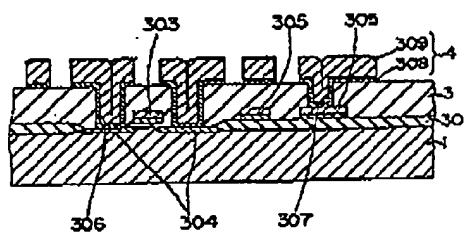
(17)

特開平8-162425

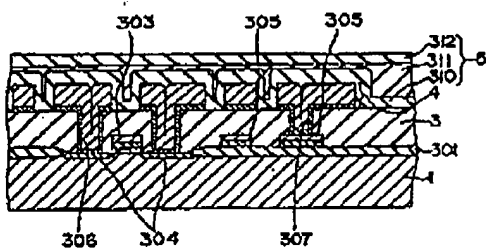
【図19】



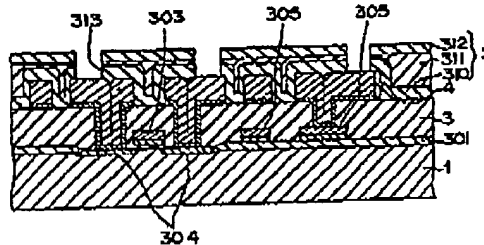
【図20】



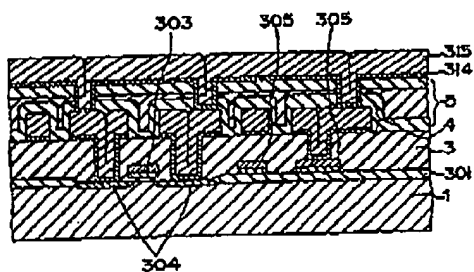
【図21】



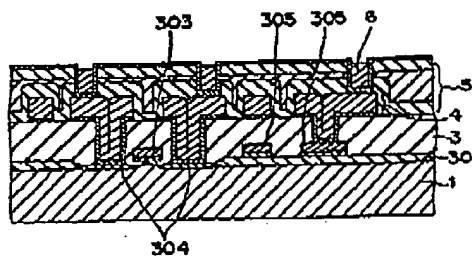
【図22】



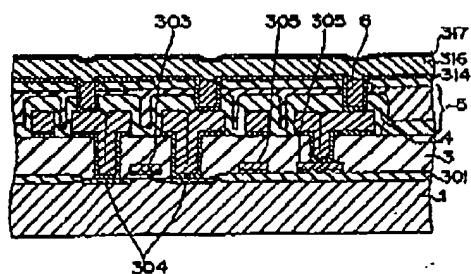
【図23】



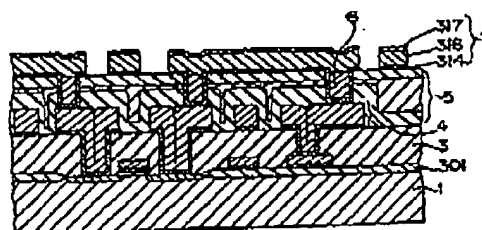
【図24】



【図25】



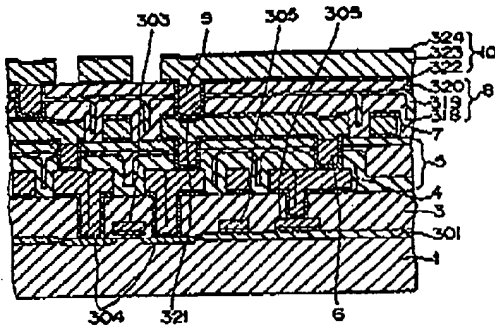
【図26】



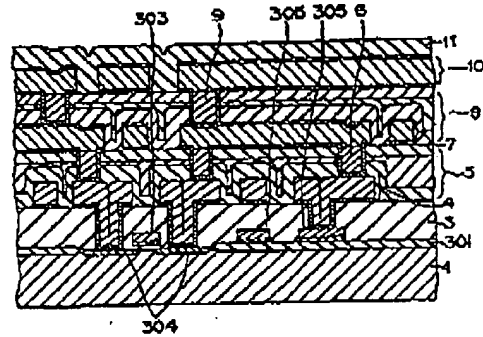
(18)

特開平8-162425

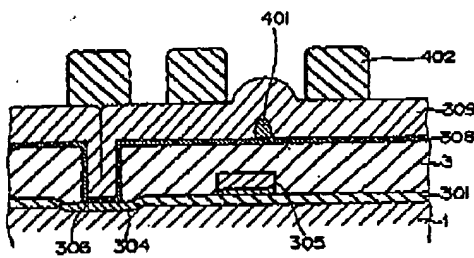
【図27】



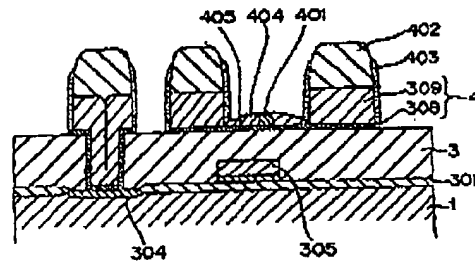
【図28】



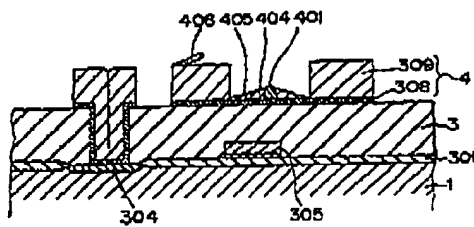
【図29】



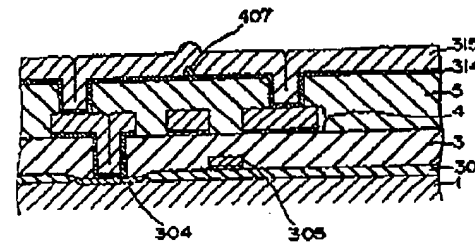
【図30】



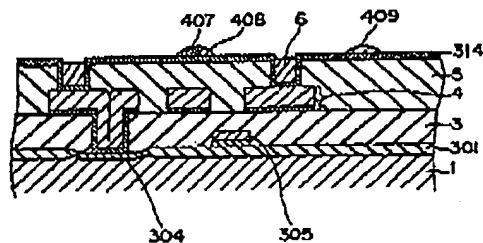
【図31】



【図32】



【図33】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.